

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-173032

(43)Date of publication of application : 23.06.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/455

(21)Application number : 10-347157

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 07.12.1998

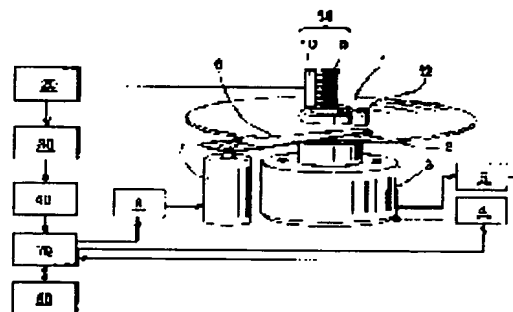
(72)Inventor : TANIGUCHI KOJI
UENO YOSHIHIRO
NAKAKITA MASARU
MATSUOKA KAORU

(54) CONTACT INSPECTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To more highly precisely realize the measurement of fine physical amounts such as a vertical force between a slider and a disk or the abrasion coefficient of a slider.

SOLUTION: A contact state between a disk 1 being a recording medium and a slider 2 equipped with a head for operating recording/reproduction to the disk 1 is inspected from the detected output of a vibration detecting element 12. The vibration detecting element 12 is directly mounted on the disk 1 or mounted on a rotation holding mechanism 3 for holding and rotating the disk 1, and a signal fetching means 14 for electrically extracting only the detected output of the vibration detecting element 12 to the outside by separating this from the mechanical rotation of the rotation holding mechanism 3 is connected with the vibration detecting element 12.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3538557

[Date of registration] 26.03.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

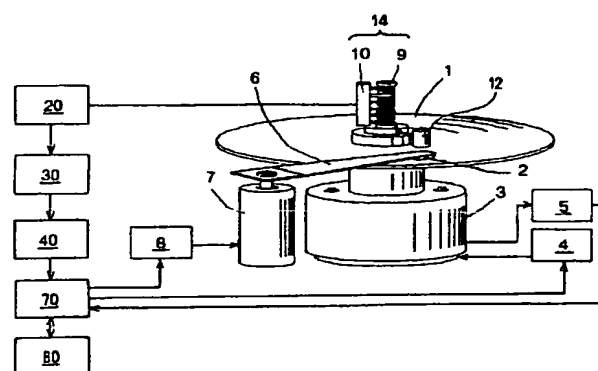
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(11)特許出願公開番号
特開2000-173032
(P2000-173032A)



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 記録媒体であるディスクと、このディスクに対して記録／再生の少なくとも一方を行うヘッドを備えたスライダとの間の接触状態を、振動検出素子の検出力に基づいて検査する装置であって、

前記振動検出素子は、ディスク上に直接、あるいは前記ディスクを保持してこれを回転させる回転保持機構に取り付けられ、かつ、この振動検出素子には、前記回転保持機構の機械的回転から切り離してその検出力のみを電気的に外部に取り出す信号取出手段が接続されていることを特徴とする接触検査装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の接触検査装置において、前記ディスクの回転数を検出する回転数検出手段と、前記振動検出素子から信号取出手段を介して外部に取り出された検出信号に基づいて実効値電圧を演算する実効値演算手段と、

前記回転数検出手段で検出されるディスクの回転数とスライダのディスク上での半径位置との関係からスライダとディスク間の相対速度を演算する相対速度演算手段と、

前記振動検出素子の出力電圧の実効値と、前記スライダと前記ディスクの相対速度と、前記スライダと前記ディスク間の垂直力の三者の関係を示すデータが予め記憶された記憶手段と、

前記実効値演算手段で得られる実効値電圧および前記相対速度演算手段で得られる相対速度の各値から前記記憶手段に記憶されている関係に基づいて前記スライダと前記ディスク間の垂直力を演算する手段と、

を具備したことを特徴とする接触検査装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の接触検査装置において、前記ディスクの回転数を検出する回転数検出手段と、前記振動検出素子から信号取出手段を介して外部に取り出された検出信号に基づいて実効値電圧を演算する実効値演算手段と、

前記回転数検出手段で検出されるディスクの回転数とスライダのディスク上での半径位置との関係からスライダとディスク間の相対速度を演算する相対速度演算手段と、スライダの歪みを検出する歪みセンサと、この歪みセンサの検出力に基づいて前記スライダと前記ディスク間の垂直力を演算する垂直力演算手段と、前記振動検出素子の出力電圧の実効値と、前記スライダと前記ディスクの相対速度と、前記スライダと前記ディスク間の垂直力と、前記スライダの摩擦係数の四者の関係を示すデータが予め記憶された記憶手段と、

前記実効値演算手段で得られる実効値電圧、前記相対速度演算手段で得られる相対速度、垂直力演算手段で得られる垂直力の各値から前記記憶手段に記憶されている関係に基づいて前記スライダの摩擦係数を演算する手段と、

を具備したことを特徴とする接触検査装置。

【請求項 4】 請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の接触検査装置において、

前記振動検出素子は複数設けられており、かつ、各々の振動検出素子から前記信号伝達手段を介して入力される各検出信号を分析して前記スライダと前記ディスクの接触状態を評価するための信号分析手段と、少なくとも一つの振動検出素子に電圧を印可する信号発生器とを具備したことを特徴とする接触検査装置。

【請求項 5】 請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の接触検査装置において、

前記振動検出素子は複数設けられており、かつ、各々の振動検出素子がそれぞれ異なる周波数特性を有していることを特徴とする接触検査装置。

【請求項 6】 請求項 4 または請求項 5 記載の接触検査装置において、

各々の振動検出素子は、その全体の重心が前記回転保持機構の略回転中心軸上に位置するように配置されていることを特徴とする接触検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ディスク装置のスライダおよびディスクの機械的特性ならびにトライボロジータの特性の評価に好適な接触検査装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来より、例えば磁気的に情報の記録再生を行う磁気ディスク装置がある。

【0003】この磁気ディスク装置は、記録媒体である磁気ディスクの記録再生面に対して磁気ヘッドを搭載したスライダを略一定の間隔（数十 nm）で浮上させて、情報の記録再生を行う極めて精密な装置である。

【0004】近年スライダの浮上量は年々減少し、今後、浮上方式から接触方式への移行も検討されており、磁気ディスク装置の開発ならびに製造においては、装置の信頼性の確保のために、スライダおよび磁気ディスクの機械的特性ならびにトライボロジータの特性を評価することがますます重要になってきている。

【0005】このような評価を実施するために、各種の検査装置が従来から使用されているが、その一つとして、スライダと磁気ディスクの接触検査装置がある。

【0006】この種の接触検査装置としては、例えば、特開平 8-297816 号公報、特公平 6-40065 号公報に記載の技術等が知られている。

【0007】図 13 は、従来から使用されているスライダと磁気ディスクとの接触検査装置の一例である。

【0008】図 13 において、1 は記録媒体である磁気ディスク、2 は磁気ディスク 1 への信号の記録再生を行う磁気ヘッド（図示せず）を搭載したスライダ、3 は磁気ディスク 1 を保持した状態でこれを回転させる回転保

持機構としてのスピンドル、4はスピンドル3を駆動するスピンドル駆動回路、6はスライダ2を支持するアーム、7はアーム6を駆動するボイスコイルモータ、8はボイスコイルモータ7を駆動するアクチュエータ駆動回路である。

【0009】そして、上記の磁気ディスク1は、スピンドル3に例えばねじ止め等によって固定されている。また、スライダ2は、例えばA1203-TiCに代表されるセラミクス材料からなり、スライダ2の磁気ディスク1との対向面には、機械加工あるいはエッチング等によって図示しない空気軸受面が形成されている。

【0010】アーム6は、スライダ2の磁気ディスク1への押しつけ方向にバネ性を有しており、これによってスライダ2の空気軸受面が磁気ディスク1の記録再生面に例えば30mNといった一定の荷重で押しつけられている。また、このアーム6は、ボイスコイルモータ7に取り付けられており、ボイスコイルモータ7の軸を中心に例えば30度の一定の範囲で回転する。そして、そのボイスコイルモータ7の回転に伴い、アーム6は磁気ディスク1の記録再生面に略平行に揺動し、これに伴ってスライダ2が磁気ディスク1の略半径方向に移動するようになっている。

【0011】アーム6の上には、振動検出素子としてのAEセンサ12が搭載されている。このAEセンサ12は、例えば圧電素子(PZT)によって構成されており、スライダ2と磁気ディスク1の接触に伴って発生する音響弾性波(=アコースティック・エミッション)(以下、AEという)を検出し、これに応じた電気信号を出力するものである。

【0012】20はAEセンサ12の出力信号を増幅する広帯域アンプ、30は前記広帯域アンプ20の出力信号から接触検査に必要な周波数成分を取り出すフィルタ回路、50はフィルタ回路30の出力信号を表示するオシロスコープである。

【0013】以下、この接触検査装置の動作について説明する。

【0014】スピンドル3の停止時は、磁気ディスク1はスライダ2と接触している。スピンドル3が回転を始めると、スライダ2は磁気ディスク1の記録再生面に対向する面に空気軸受面を有しているため、次第に磁気ディスク1から浮上し始める。また、ボイスコイルモータ7は、アーム6を動かし、スライダ2を磁気ディスク1の略半径方向の所定位置まで移動する。

【0015】ここで、スピンドル3が一定速度(例えば5400rpm)で高速回転するようになると、スライダ2は磁気ディスク1に対して略一定の隙間を保ちながら浮上した状態を保つ。スピンドル3が停止すると、再びスライダ2は磁気ディスク1に接触する。

【0016】このように、磁気ディスク1の停止時はスライダ2と接触し、磁気ディスク1の回転中は、スライ

ダ2は浮上して両者1、2は非接触の状態になる。

【0017】そして、このようにスライダ2と磁気ディスク1とが接触しているときには、これに伴ってAEが発生するので、このAEがAEセンサ12で検出される。また、磁気ディスク1が回転中であっても、スライダ2へのゴミの付着やスライダ2と磁気ディスク1の形状的欠陥などに起因して、スライダ2が磁気ディスク1と接触し、これに伴ってAEが発生するので、このAEがAEセンサ12で検出される。

10 【0018】このときのAEセンサ12からの検出信号の電圧は、数十から数百マイクロボルト程度と非常に微弱であるが、その中にはスライダ2と磁気ディスク1の間で発生した接触に関わる情報が含まれている。

【0019】そこで、AEセンサ12の検出出力は、広帯域アンプ20によって観測可能なレベルまで(例えば40dB~60dB)増幅された後、フィルタ回路30でノイズ成分が除去され、オシロスコープ50に表示される。

20 【0020】こうして、オシロスコープ50で表示されたAEセンサ12の出力信号の波形の観察に基づいて、接触の強度、接触の持続時間等を評価する。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のように、磁気ディスク1の回転開始時、あるいは停止時には、スライダ2の空気軸受け面での圧力発生がないか、あるいは極めて小さいので、スライダ2は磁気ディスク1と接触している。そのため、スライダ2は磁気ディスク1の回転、停止の繰り返しによって徐々に摩耗していく。そして、これらの摩耗と磁気ディスク装置の耐久性や信頼性は非常に密接な関係がある。

【0022】したがって、スライダ2がディスク1に接触しているときの反力(以下、垂直力という)や、スライダ2の摩耗状態の目安となる摩耗係数を測定することは極めて重要である。特に、このような垂直力や摩耗係数などのような物理量は、極めて微小な値であるため、このような物理量を精度良く測定する必要がある。

40 【0023】なお、ここでの摩耗係数とは、アーチャード(Archard)の式(文献1:トライボロジー概論(養賢堂)、文献2:J. Appl. Phys., 24, 8(1953)981.)によって摩耗体積と材料の表面硬度に略々等しい塑性流動圧力の積を、垂直力と摺動距離の積で除した値として定義されている。

【0024】しかしながら、上述の従来の接触検査装置においては、前述のように、AEセンサ12をアーム6上に搭載しているため、スライダ2と磁気ディスク1との接触によって発生したAEのみならず、アーム6の振動や、スライダ2の振動も同時にAEセンサ12が検出することになる。

50 【0025】そして、スライダ2と磁気ディスク1との接触によって発生したAEに対して、アーム6の振動や

スライダ 2 の振動に基づく A E が一旦ノイズとして重畳すると、それらを分離することは非常に困難であり、検出の精度が非常に低下する。このため、垂直力や摩擦係数などのような極めて微小な値をもつ物理量を A E センサ 1 2 の検出信号から精度良く測定することが難しくなる。

【0026】また、A E センサ 1 2 にはある程度の重さがあるため、これをアーム 6 上に搭載すると、アーム 6 の慣性モーメントが変化し、A E センサ 1 2 を搭載しない実際のディスク装置との間に検出結果との差異が発生し、検査結果の信頼性を確保することができない。

【0027】したがって、本発明は、従来よりもスライダとディスク間の垂直力やスライダの摩擦係数などのような微小な物理量の測定を高い精度で実現できるようにすることを課題とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の課題を解決するために、記録媒体であるディスクと、このディスクに対して記録／再生の少なくとも一方を行うヘッドを備えたスライダとの間の接触状態を、振動検出素子の検出出力に基づいて検査する接触検査装置において、次の構成を採用している。

【0029】すなわち、本発明では、振動検出素子は、ディスク上に直接、あるいは前記ディスクを保持してこれを回転させる回転保持機構に取り付けられ、かつ、この振動検出素子には、前記回転保持機構の機械的回転から切り離してその検出出力のみを電気的に外部に取り出す信号取出手段が接続されている。

【0030】このように、本発明では、振動検出素子をディスク上あるいは回転保持機構に搭載しているため、アームの振動が振動検出素子の出力信号に影響を与えることがなく、スライダとディスク間の垂直力や摩擦係数を高精度に測定することができる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0032】請求項 1 記載の発明は、記録媒体であるディスクと、このディスクに対して記録／再生の少なくとも一方を行うヘッドを備えたスライダとの間の接触状態を、振動検出素子の検出出力に基づいて検査する装置であって、前記振動検出素子は、ディスク上に直接、あるいは前記ディスクを保持してこれを回転させる回転保持機構に取り付けられ、かつ、この振動検出素子には、前記回転保持機構の機械的回転から切り離してその検出出力のみを電気的に外部に取り出す信号取出手段が接続されている。

【0033】請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の接触検査装置において、前記ディスクの回転数を検出する回転数検出手段と、前記振動検出素子から信号取出手段を介して外部に取り出された検出信号に基づいて実効値

電圧を演算する実効値演算手段と、前記回転数検出手段で検出されるディスクの回転数とスライダのディスク上での半径位置との関係からスライダとディスク間の相対速度を演算する相対速度演算手段と、前記振動検出素子の出力電圧の実効値と、前記スライダと前記ディスクの相対速度と、前記スライダと前記ディスク間の垂直力の三者の関係を示すデータが予め記憶された記憶手段と、前記実効値演算手段で得られる実効値電圧および前記相対速度演算手段で得られる相対速度の各値から前記記憶手段に記憶されている関係に基づいて前記スライダと前記ディスク間の垂直力を演算する手段と、を具備している。

【0034】請求項 3 記載の発明では、請求項 1 記載の接触検査装置において、前記ディスクの回転数を検出する回転数検出手段と、前記振動検出素子から信号取出手段を介して外部に取り出された検出信号に基づいて実効値電圧を演算する実効値演算手段と、前記回転数検出手段で検出されるディスクの回転数とスライダのディスク上での半径位置との関係からスライダとディスク間の相対速度を演算する相対速度演算手段と、スライダの歪みを検出する歪みセンサと、この歪みセンサの検出出力に基づいて前記スライダと前記ディスク間の垂直力を演算する垂直力演算手段と、前記振動検出素子の出力電圧の実効値と、前記スライダと前記ディスクの相対速度と、前記スライダと前記ディスク間の垂直力と、前記スライダの摩擦係数の四者の関係を示すデータが予め記憶された記憶手段と、前記実効値演算手段で得られる実効値電圧、前記相対速度演算手段で得られる相対速度、垂直力演算手段で得られる垂直力の各値から前記記憶手段に記憶されている関係に基づいて前記スライダの摩擦係数を演算する手段とを具備している。

【0035】請求項 4 記載の発明では、請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の接触検査装置において、前記振動検出素子は複数設けられており、かつ、各々の振動検出素子から前記信号伝達手段を介して入力される各検出信号を分析して前記スライダと前記ディスクの接触状態を評価するための信号分析手段と、少なくとも一つの振動検出素子に電圧を印可する信号発生器とを具備している。

【0036】請求項 5 記載の発明では、請求項 1 ないし請求項 3 のいずれかに記載の接触検査装置において、前記振動検出素子は複数設けられており、かつ、各々の振動検出素子がそれぞれ異なる周波数特性を有している。

【0037】請求項 6 記載の発明では、請求項 4 または請求項 5 記載の接触検査装置において、各々の振動検出素子は、その全体の重心が前記回転保持機構の略回転中心軸上に位置するように配置されている。

【0038】さらに、本発明の実施の形態について、以下、さらに具体的に説明する。

【0039】（実施の形態 1）この発明の実施の形態 1

について、図1ないし図3を参照して説明する。

【0040】図1はこの実施の形態1の接触検査装置を示すブロック図であり、図13に示した従来技術と対応する部分には同一の符号を付す。

【0041】図1において、1は磁気ディスク、2はスライダ、3はスピンドル、4はスピンドル駆動回路、6はアーム、7はボイスコイルモータ、8はアクチュエータ駆動回路である。また、20は広帯域アンプ、30はフィルタ回路であり、これらの構成は従来のものと同様であるから、ここでは詳しい説明は省略する。

【0042】この実施の形態1では、AEを検出するAEセンサ12がアーム6上ではなく、磁気ディスク12上に接着剤や銅のロウ付け等により固定されている。したがって、スライダ2と磁気ディスク1が接触摺動した時に発生するAEを直接に捕らえることができる。

【0043】また、スピンドル3の軸端部には、スピンドル3の機械的回転から切り離してAEセンサ12からの検出信号のみを電氣的に外部に取り出す信号取出手段14が設けられている。この信号取出手段14は、スピンドル3の回転軸の周りに遊嵌されたスリップリングと、このスリップリング9に摺接するブラシ10とからなる。そして、スリップリング9にAEセンサ12のリードが接続されている。したがって、スピンドル3の回転によってAEセンサ12は磁気ディスク1と一体に回転するが、スリップリング9はスピンドル3の回転軸に接触しているだけで回転はせず、ブラシ10は図示しない取付部材に固定されていて、AEセンサ12からの出力信号がスリップリング9からブラシ10を介して外部に設けられた測定回路系に取り出されるようになってい*

$$N = (V - \beta)^2 / (\alpha^2 \cdot v)$$

よって、

$$V = \alpha (N \cdot v)^{1/2} + \beta$$

したがって、①または①'に示される数式が予めメモリ80に記憶されている。この関係式を利用すれば、より少ないデータからでも十分に精度の垂直力Nを求めることができる。

【0050】次に、この実施の形態1の接触検査装置において、スライダ2と磁気ディスク1間の垂直力Nを得る場合の動作について説明する。

【0051】スピンドル3の停止時は、スライダ2の空気軸受面はアーム6のパネ力によって磁気ディスク1の記録再生面に一定の荷重で押しつけられていて、両者1、2が接触している。

【0052】演算制御回路70からの制御信号により、スピンドル駆動回路4が制御されてスピンドル3が回転し始めると、スライダ2は磁気ディスク1の記録再生面に対向する面に空気軸受面を有しているため、次第に磁気ディスク1から浮上し始める。

【0053】この時のディスク1の回転数は、回転数検出回路5によって、スピンドル3に搭載されたMR素子

＊る。

【0044】5はスピンドル3の回転数を検出する回転数検出手段としての回転数検出回路、40はフィルタ回路30の出力信号からAEセンサ12の実効値電圧を演算する実効値演算手段としての実効値演算回路である。

【0045】また、70は各駆動回路4、8を制御するとともに、各種の演算処理を実行するパーソナルコンピュータなどからなる演算制御回路である。そして、この演算制御回路70は、特許請求の範囲における相対速度演算手段および垂直力演算手段を兼用している。

【0046】80はAEセンサ100の出力電圧の実効値と、スライダ2と磁気ディスク1の相対速度と、スライダ2と磁気ディスク1の垂直力との三者の関係を示す数式を記憶する記憶手段としてのメモリである。

【0047】すなわち、本発明者らは、実効値演算回路40で演算されたAEセンサ12の信号電圧の実効値と、スライダ2と磁気ディスク1の相対速度と、スライダ2と磁気ディスク1の垂直力との三者の間に、図2に示すような関係があることを見出した。なお、図2において、AEセンサ12の信号電圧の実効値から減じている1.2mVの値は、スライダ2と磁気ディスク1が接触していない時にも、AEセンサ12で検出される測定系のノイズの値である。

【0048】ここで、AEセンサ12の出力電圧の実効値をV、スライダ2と磁気ディスク1との相対速度をv、スライダ2と磁気ディスク1間の垂直力をN、定数を α 、 β としたとき、図2の関係は、一般式として次のように記述できる。

【0049】

①

①'

(図示せず)からのパルス信号をカウントすることによって常時検出される。

【0054】また、演算制御回路70からの制御信号により、アクチュエータ駆動回路8が制御されてボイスコイルモータ7が回転し、これに伴い、アーム6は磁気ディスク1の記録再生面に略平行に揺動して、スライダ2が磁気ディスク1の略半径方向の所定位置まで移動する。

【0055】演算制御回路70は、上記の回転数検出回路5から得られる磁気ディスク1の回転数と、予め計算されているアクチュエータ駆動回路8の制御量とスライダ2の磁気ディスク1上での回転中心からの距離(半径位置)との関係から、スライダ2と磁気ディスク1の相対速度vを得る。

【0056】また、スライダ2がディスク1に接触しているときに発生するAEは信号取出手段14のAEセンサ12で検出される。AEセンサ12の検出信号は、スリップリング9からブラシ10に伝達され、スピンドル

3の外部の測定回路系に取り出される。

【0057】取り出されたAEセンサ12の信号は、実効値電圧の演算に十分な電圧を得るため、広帯域アンプ20によって40dBから60dB程度増幅される。このとき、広帯域アンプ20には周波数レンジで、例えば100Hzから10MHzといったものを使用する。このような帯域を持ったアンプを使用すれば、測定するAE信号の周波数が、数十kHzから数MHz程度であるので、信号を少しも損なうことなく増幅することが可能である。

【0058】さらに、広帯域アンプ20で増幅された出力信号は、フィルタ回路30によって例えば100kHzを遮断周波数として低域の不要な周波数成分が除去された後、実効値演算回路40に入力される。

【0059】実効値演算回路40は、フィルタ回路30を通過した信号から、AEセンサ12の検出信号の実効値電圧Vが演算され、この値が演算制御回路70に与えられる。

【0060】そこで、演算制御回路70は、上記のようにして得られた相対速度 v と実効値電圧V、ならびにメモリ80に記憶されている前述の①または①'の関係式に基づいて垂直力Nを算出する。

【0061】このように、この実施の形態1では、AEセンサ12を磁気ディスク1上に直接に搭載しているので、図13に示した従来例のように、アーム6の振動およびAEセンサの慣性の影響に起因したノイズがAEセンサ12の出力に重畳することがなく、このため、高い精度で磁気ディスク1とスライダ2間の垂直力Nを測定することが可能となる。

【0062】図3は、図1に示したこの実施の形態1の構成の装置と、図13に示した従来例の構成の装置との性能を比較するために、スピンドル3を起動してから一定回転数で保持した後、停止するという一連の動作を行ったときの、AEセンサ12の出力電圧の実効値の変化を測定した結果を示している。

【0063】ここで、同図(a)は図13に示す従来例の構成の場合の測定結果を、同図(b)はこの実施の形態1の構成の場合の測定結果をそれぞれ示している。同図(a)、(b)ともに、起動開始から4秒から5秒の間では、ボイスコイルモータ7によってアーム6を揺動させている。

【0064】図3(a)では、アーム6の振動によるノイズ成分が重畳している。特に、アーム6を揺動したときには、実際にはスライダ2と磁気ディスク1は接触していないにも関わらず大きな信号が検出されている。それに対して、図3(b)に示したこの実施の形態1による結果では、そのようなノイズ成分は見られず極めて精度の高い検出が実現されている。したがって、AE信号の実効値電圧から求められる垂直力についても高い精度を実現できることが理解される。

【0065】この実施の形態1に関して、次の変形例も考えられる。

【0066】(1) 上記においては、スリップリング9とブラシ10からなる信号取出機構14によってAEセンサ12の検出信号を外部の測定回路系に取り出すようにしているが、図4および図5に示すような構成とすることも可能である。

【0067】すなわち、図1に示した装置に使用されているスピンドル3は、図13に示した従来のものと同様の構成であるが、図4に示す接触検査装置では、スピンドル3として、図5に示す構成のものを使用している。

【0068】次に、図5に示すスピンドル3の構成について説明する。

【0069】図5において、3aはロータ、3bはステータ、3cはシャフト、3dはラジアル軸受、3eはスラスト軸受、3g、3fはロータリトランス、3g'、3f'はロータリトランス3g、3fの一次側と二次側の各接続端子、3hは永久磁石、3iはコイルである。

【0070】そして、シャフト3cおよびスラスト軸受3eにはグルーブ(溝)が形成され、軸受部にオイルを充填した流体軸受の構成となっている。このとき、シャフト3cとラジアル軸受3dおよびスラスト軸受3eの間は、回転によるオイルの動圧によって非接触に保たれる。

【0071】このように、図5のスピンドル3は、流体軸受の構造になっているため、ボールベアリング等を用いた接触型の軸受と異なり、スピンドル3の回転によるロータとステータの摺動が発生しない。また、ロータリトランス3g、3fによってロータ3a側から非接触で回転体外部に電気信号を取り出すことも可能となっている。

【0072】したがって、このようなスピンドル3を使用する場合には、AEセンサ12の出力端子をロータリトランス3fの一次側の接続端子3f'に接続する一方、ロータリトランス3gの二次側の接続端子3g'を広帯域アンプ20の入力端子と接続することによって、AEセンサ12からの検出信号を外部の測定回路系に非接触で取り出すことができる。

【0073】この構成とすれば、図1の構成の場合に比較して、スリップリング9とブラシ10の摺動接触によって発生する機械的ノイズがAEセンサ12の検出信号に重畳するおそれもないため、より一層高い精度が実現できるという利点がある。

【0074】(2) 上記の説明では、①または①'に示した関係式をメモリ80に予め登録しているが、図2に示すような関係線図を予め作成しておき、演算制御回路70で算出される相対速度 v と、実効値演算回路40で算出される実効値電圧Vの値から、図2に示す関係線図を用いてスライダ2と磁気ディスク1の間に働いている垂直力Nを手で得ることも可能である。

【0075】（実施の形態2）この発明の実施の形態2について、図6および図7を参照して説明する。

【0076】図6はこの実施の形態2の接触検査装置を示すブロック図であり、図1に示した実施の形態1と対応する部分には同一の符号を付す。

【0077】図6において、1は磁気ディスク、2はスライダ、3はスピンドル、4はスピンドル駆動回路、5は回転数検出回路、6はアーム、7はボイスコイルモータ、8はアクチュエータ駆動回路、9はスリップリング、12はAEセンサ、10はブラシ、14は信号取出手段、20は広帯域アンプ、30はフィルタ回路、40は実効値演算回路であり、これらの構成は実施の形態1の場合と同様であるから、ここでは詳しい説明は省略する。

【0078】この実施の形態2では、アーム6上に歪みセンサ16が取り付けられている。この歪みセンサ16は、例えばひずみゲージで構成される。

【0079】また、90は歪みセンサ6からの検出出力に基づいてスライダ2と磁気ディスク1の間の垂直力を演算する垂直力演算手段としての垂直力演算回路であり、この垂直力演算回路90は、ひずみゲージを用いた場合は、ホイートストンブリッジと動ひずみアンプで構成される。

【0080】また、70は各駆動回路4、8を制御するとともに、各種の演算処理を実行するパーソナルコンピュータ

$$k = (V - \beta)^2 / (\alpha^2 \cdot N \cdot v)$$

よって、

$$V = \alpha (k \cdot N \cdot v)^{1/2} + \beta$$

したがって、②または②'に示される数式が予めメモリ80に記憶されている。この関係式を利用すれば、より少ないデータからでも十分に精度の摩擦係数kを求めることができる。

【0085】次に、この実施の形態2の接触検査装置において、摩擦係数kを得る場合の動作について説明する。

【0086】実施の形態1の場合と同様に、回転数検出回路5から得られる磁気ディスク1の回転数とスライダ2の磁気ディスク1上での半径位置の情報から演算制御回路70は、スライダ2と磁気ディスク1の相対速度を得る。また、実効値演算回路40からAEセンサ100の出力電圧の実効値電圧Vが演算制御回路70に与えられる。さらに、垂直力演算回路90からスライダ2と磁気ディスク1間の垂直力Nのデータが演算制御回路70に与えられる。

【0087】そこで、演算制御回路70は、上記のようにして得られた相対速度v、実効値電圧V、垂直力Nならびにメモリ80に記憶されている前述の②または②'の関係式に基づいてスライダ2の摩擦係数kを算出する。

【0088】このように、この実施の形態2では、AE

センサなどからなる演算制御回路である。そして、この演算制御回路70は、特許請求の範囲における摩擦係数演算手段を兼用している。

【0081】80はAEセンサ12の実効値電圧と、スライダ2と磁気ディスク1の相対速度と、スライダ2と磁気ディスク1間の垂直力と、スライダ2の摩擦係数との四者の関係を示す数式を記憶する記憶手段としてのメモリである。

【0082】すなわち、本発明者らは、実効値演算回路40で演算されたAEセンサ12の信号出力の実効値電圧と、演算制御回路70で得られるスライダ2と磁気ディスク1の相対速度と、垂直力演算手段90で得られるスライダ2と磁気ディスク1の垂直力と、スライダ2の摩擦係数kとの四者の間に、図7に示すような関係があることを見出した。なお、図7において、AEセンサ12の信号電圧の実効値から減じている1.2mVの値は、スライダ2と磁気ディスク1が接触していない時にも、AEセンサ12で検出される測定系のノイズの値である。

【0083】ここで、AEセンサ12の出力電圧の実効値をV、スライダ2と磁気ディスク1との相対速度をv、スライダ2と磁気ディスク1間の垂直力をN、スライダ2の摩擦係数をk、定数を α 、 β としたとき、図7の関係は、一般式として次のように記述できる。

【0084】

②

②'

センサ12を磁気ディスク1上に直接に搭載しているの、図13に示した従来例のように、アーム6の振動およびAEセンサの慣性の影響に起因したノイズがAEセンサ12の出力に重畳することがなく、このため、実施の形態1で示したスライダ2と磁気ディスク1の間の垂直力Nの測定の場合と同様に、高い精度でスライダ2の摩擦係数kを測定することが可能となる。

【0089】（実施の形態3）この実施の形態3では、AEセンサを交換したような場合には、接触検査を実施する前に、予め交換前の出力との比較によってAEセンサの特性のばらつきを補正したり、装置全体の動作状態のチェックを事前に行える構成としたものである。

【0090】以下、この発明の実施の形態3について、図8を参照して説明する。

【0091】図8はこの実施の形態3の接触検査装置を示すブロック図であり、図1に示した実施の形態1と対応する部分には同一の符号を付す。

【0092】図8において、1は磁気ディスク、2はスライダ、3はスピンドル、4はスピンドル駆動回路、6はアーム、7はボイスコイルモータ、8はアクチュエータ駆動回路、9はスリップリング、10はブラシ、14は信号取出手段であり、これらの構成は実施の形態1の

13

場合と同様であるから、ここでは詳しい説明は省略する。

【0093】この実施の形態3では、磁気ディスク1上に複数(ここでは2つ)のAEセンサ12a、12bが搭載されている。

【0094】また、各AEセンサ12a、12bに個別に対応して各AEセンサ12a、12bの信号出力を増幅する広帯域アンプ20a、20bが設けられている。

【0095】さらに、この実施の形態3では、各広帯域アンプ20a、20bの出力に共通に信号分析手段として10 オシロスコープ50が接続され、また、一方のAEセンサ12aから広帯域アンプ20aへの信号線の途中に切替スイッチ18が設けられ、この切替スイッチ18には1つのAEセンサ12aに対して所定の電圧を印可する信号発生器60が接続されている。

【0096】上記のオシロスコープ50は、各AEセンサ12a、12bから信号伝達手段14および広帯域アンプ20a、20bを介して入力される各検出信号を分析してスライダ2と磁気ディスク1との接触状態を評価するものである。

【0097】また、切替スイッチ18は、AEセンサ12aに対して広帯域アンプ20aの入力部と信号発生器60の出力部とを選択して切り替えるように構成されている。

【0098】図8に示す構成において、たとえば他方のAEセンサ12bを交換したような場合には、スライダ2と磁気ディスク1との接触検査を実施する前に、信号発生器60の出力が一方のAEセンサ12aに加わるように切替スイッチ18を切り替える。そして、この状態で信号発生器60から一定の信号を切替スイッチ18を介して一方のAEセンサ12aに入力する。

【0099】そのときの他方のAEセンサ12bの検出出力を広帯域アンプ20bを介してオシロスコープ50に入力して、その波形等を分析してAEセンサ12bを較正あるいは動作チェックをする。つまり、交換前後のAEセンサ12bの検出出力を比較することで、他方のAEセンサ12bの特性のばらつきを補正する。

【0100】交換後のAEセンサ12bの特性を補正した後は、切替スイッチ18を切り替えて一方のAEセンサ12aの出力が広帯域アンプ20aに入力されるようにする。

【0101】すると、スライダ2と磁気ディスク1が接触することによって発生したAEは、それぞれAEセンサ12a、12bで検出され、その各検出出力がスリップリング9からブラシ10に伝達され、さらに、各々の広帯域アンプ20a、20bを介してオシロスコープ50に入力される。したがって、オシロスコープ50を用いて分析することによって、接触の強度、接触の持続時間等を求めることが可能となる。

【0102】このように、この実施の形態3の構成とす

ることで、接触検査に際して、容易にAEセンサの較正や装置全体の動作状態のチェックを事前に行うことができる。

【0103】なお、この実施形態3では、他方のAEセンサ12bを較正するような場合について説明したが、両AEセンサ12a、12bを較正できるようにするためには、各AEセンサ12a、12bに個別に信号発生器60を接続した構成にしてもよい。

【0104】また、磁気ディスク1には、AEセンサを3つ以上搭載することもでき、その場合には、一部あるいは全てのAEセンサに信号発生器を接続した構成とすることによって同様の効果が得られる。

【0105】さらに、この実施の形態3の構成を、実施の形態1あるいは実施の形態2の構成と組み合わせて全体で一つの接触検査装置とすることも可能である。

【0106】(実施の形態4)この発明の実施の形態4について、図9ないし図11を参照して説明する。

【0107】図9はこの実施の形態4の接触検査装置を示すブロック図であり、図1に示した実施の形態1と対応する部分には同一の符号を付す。

【0108】図9において、1は磁気ディスク、2はスライダ、3はスピンドル、4はスピンドル駆動回路、6はアーム、7はボイスコイルモータ、8はアクチュエータ駆動回路、9はスリップリング、10はブラシ、14は信号取出手段であり、これらの構成は実施の形態1の場合と同様であるから、ここでは詳しい説明は省略する。

【0109】この実施の形態4では、磁気ディスク1上に複数(ここでは2つ)のAEセンサ12a、12bが搭載されている。さらに、この実施の形態3では、各広帯域アンプ20a、20bの出力に共通にAEセンサ12a、12bの信号出力を分析するFFTアナライザ52が接続されている。

【0110】上記の各AEセンサ12a、12bは、たとえば、図10(A)、(B)に示すような周波数特性を有している。すなわち、一方のAEセンサ12aは、周波数分析等に適するように、広い周波数帯域において略々平坦なゲイン特性を持っている。これに対して、他方のAEセンサ12bは、特定の周波数成分を高感度で検出できるように、特定の周波数で高いゲイン特性を持っている。たとえば、他方のAEセンサ12bとしては、スライダ2と磁気ディスク1との接触で最も出力の大きなAEが観測される周波数である300kHzで高いゲイン特性を持っている。

【0111】次に、この実施の形態4の接触検査装置の動作について説明する。

【0112】スライダ2と磁気ディスク1が接触することによって発生したAEは、各AEセンサ12a、12bで検出され電気信号に変換された後、その検出信号は、スリップリング9からブラシ10に伝達され、さら

50

に、信号分析に十分な電圧を得るため、広帯域アンプ 20a、20b によって 40dB から 60dB 程度それぞれ増幅されて FFT アナライザ 52 に導かれる。

【0113】ここで、一方の AE センサ 12a の出力を増幅する広帯域アンプ 20a は、広い周波数帯域において略々平坦なゲイン特性を持っているので、その出力信号は FFT アナライザ 52 において周波数分析等に利用される。また、他方の AE センサ 12b の出力を増幅する広帯域アンプ 20b は、特定の周波数で高いゲイン特性を持っているので、その出力信号は FFT アナライザ 52 においてスライダ 2 と磁気ディスク 1 との接触を高感度に検出するために利用される。

【0114】このように、この実施の形態 4 では、磁気ディスク 1 上に少なくとも 2 つ以上の周波数特性を有する AE センサ 12a、12b を搭載しているので、同じ周波数特性を持つ AE センサのみでは実現できない分析を同時に行うことが可能になる。

【0115】なお、上記の実施の形態 4 では、各 AE センサ 12a、12b は、図 10 に示すような周波数特性をもつ場合について説明したが、図 11 に示すような周波数特性をもつものを使用することも可能である。

【0116】すなわち、AE センサの周波数特性は素子の大きさでおおよそ決定されるので、一つの AE センサで幅広い帯域のゲインを得ることは困難である。そこで、図 11 に示すように、一方の AE センサ 12a は、同図 (A) に示すように、低い周波数帯域の信号を、他方の AE センサ 12b は、同図 (B) に示すように、高い周波数帯域の信号をそれぞれ検出できる構成としている。

【0117】このようにすれば、2 つの異なる帯域を持つ AE センサ 12a、12b によって幅広い帯域を持つ AE センサを擬似的に作り出すことが可能になる。

【0118】なお、この実施の形態 4 では、2 つの AE センサ 12a、12b を設けた場合について説明したが、3 つ以上の AE センサを設けてそれぞれに適合した周波数成分を分担できるようにすることも可能である。

【0119】さらに、この実施の形態 4 の構成を、実施の形態 1 あいは実施の形態 2 の構成と組み合わせて全体で一つの接触検査装置とすることも可能である。

【0120】(実施の形態 5) この発明の実施の形態 5 について、図 12 を参照して説明する。

【0121】図 12 はこの実施の形態 5 の接触検査装置を示すブロック図であり、図 1 に示した実施の形態 1 と対応する部分には同一の符号を付す。

【0122】図 9 において、1 は磁気ディスク、2 はスライダ、3 はスピンドル、4 はスピンドル駆動回路、6 はアーム、7 はボイスコイルモータ、8 はアクチュエータ駆動回路、9 はスリップリング、10 はブラシ、14 は信号取出手段であり、これらの構成は実施の形態 1 の場合と同様であるから、ここでは詳しい説明は省略す

る。

【0123】この実施の形態 5 では、磁気ディスク 1 上の周方向に沿って、全て同じ質量をもつ 3 つの AE センサ 12a、12b、12c が等角度（したがって、この例では 120° 分割）で配置されている。したがって、AE センサ 12a～12c 全体の重心がスピンドル 3 の回転中心軸と一致するため、AE センサ 12a～12c の搭載によってスピンドル 3 の回転のバランスが崩れることがない。よって、磁気ディスク 1 の回転むらや振動の発生することがなく、実際の磁気ディスク装置と同一の条件で接触評価が可能となる。なお、20a～20c は各 AE センサ 12a～12c の信号出力を増幅する広帯域アンプである。

【0124】この実施の形態 5 では、AE センサが 3 個の場合で説明したが、いかなる個数の AE センサを搭載した場合でも、全体の重心が、スピンドル 3 の回転中心軸と一致するように配置にすることで同様の効果が得られる。また、ここでは各 AE センサ 12a～12c が同じ質量の場合で説明したが、異なる質量をもつ場合であっても同様のことが言える。

【0125】なお、上記の各実施の形態 1～4 では、ディスクとして磁気ディスク 1 を例にとって説明したが、これに限定されるものではなく、光ディスクや光磁気ディスクなどにも適用することができる。また、各実施の形態 1～4 では、AE センサ 12、12a～12c を磁気ディスク 1 上に直接に固定しているが、回転保持機構としてのスピンドル 3 の軸端部の信号取り出機構 14 に近接して AE センサ 12、12a～12c をを取り付けても AE を検出することが可能である。さらに、各実施形態 1～4 では、振動検出素子として、AE センサ 12、12a～12c を設けた場合について説明したが、加速度センサなどを使用することも可能である。

【0126】

【発明の効果】本発明によれば、次の効果を奏する。

【0127】(1) 請求項 1 記載の接触検査装置によれば、振動検出素子をディスク上あるいは回転保持機構に搭載しているため、スライダを支持するアームの振動が振動検出素子の出力信号に影響を与えることがなく、しかも、AE センサの慣性の影響を受けることがないため、高い精度の検出力が得られる。

【0128】(2) 請求項 2 記載の接触検査装置によれば、請求項 1 の効果に加えて、高い精度でスライダとディスク間の垂直力を自動的に測定することが可能となる。

【0129】(3) 請求項 3 記載の接触検査装置によれば、請求項 1 の効果に加えて、高い精度でスライダの摩擦係数を自動的に測定することが可能となる。

【0130】(4) 請求項 4 記載の接触検査装置によれば、接触検査に際して、事前に振動検出素子の校正や装置全体の動作状態のチェックを容易に行うことができ

る。

【0131】(5) 請求項5記載の接触検査装置によれば、ディスクに搭載される複数の振動検出素子がそれぞれ異なる周波数特性を有しているので、同じ周波数特性を持つ振動検出素子のみでは実現できない分析を行うことが可能になる。

【0132】(6) 請求項6記載の接触検査装置によれば、各振動検出素子の全体の重心が略回転支持機構の回転中心軸上にあるので、振動検出素子の搭載によって回転体のバランスが崩れることがない。よって、ディスク1の回転むらや振動の発生することがなく、実際の磁気ディスク装置と同一の条件で接触評価が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る接触検査装置を示すブロック図

【図2】本発明の実施の形態1の接触検査装置で用いるAEセンサの出力電圧の実効値と、スライダと磁気ディスクの相対速度と、スライダと磁気ディスク間の垂直力との三者の関係を示す線図

【図3】本発明の接触検査装置と従来の接触検査装置のAEセンサの検出電圧の実効値の変化を示す特性図

【図4】本発明の実施の形態1の他の接触検査装置の例を示すブロック図

【図5】図4に示す接触検査装置に使用するスピンドルの断面図

【図6】本発明の実施の形態2に係る接触検査装置を示すブロック図

【図7】本発明の実施の形態2の接触検査装置で用いるAEセンサの出力電圧の実効値と、スライダと磁気ディスクの相対速度と、スライダと磁気ディスク間の垂直力と、スライダの摩擦係数との四者の関係を示す線図

【図8】本発明の実施の形態3に係る接触検査装置を示すブロック図

*

*【図9】本発明の実施の形態4に係る接触検査装置を示すブロック図

【図10】図9に示す接触検査装置で使用するAEセンサの周波数特性を示すグラフ

【図11】図9に示す接触検査装置で使用するAEセンサの他の周波数特性を示すグラフ

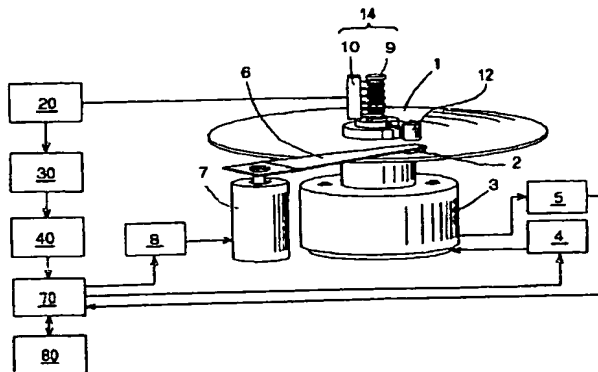
【図12】本発明の実施の形態5に係る接触検査装置を示すブロック図

【図13】従来の接触検査装置を示すブロック図

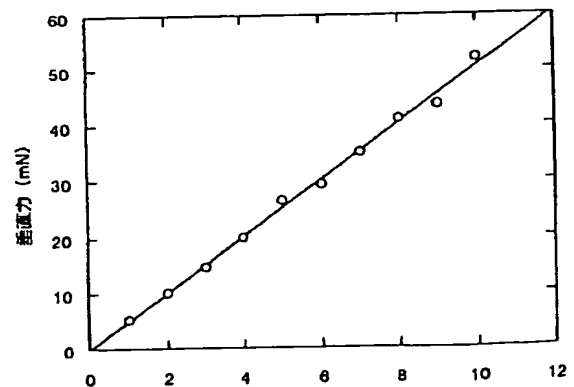
【符号の説明】

- 1 磁気ディスク
- 2 スライダ
- 3 スピンドル（回転保持機構）
- 4 スピンドル駆動回路
- 5 回転数検出回路
- 6 アーム
- 7 ボイスコイルモータ
- 8 アクチュエータ駆動回路
- 9 スリップリング
- 10 ブラシ
- 12, 12a~12c AEセンサ（振動検出素子）
- 16 歪みセンサ（歪ゲージ）
- 18 切替スイッチ
- 20, 20a~20c 広帯域アンプ
- 30 フィルタ回路
- 40 実効値演算回路
- 50 オシロスコープ
- 51 FFTアナライザ
- 60 信号発生器
- 70 演算制御回路
- 80 メモリ（記憶手段）
- 90 垂直力演算回路

【図1】

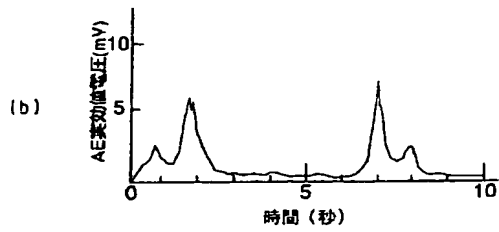
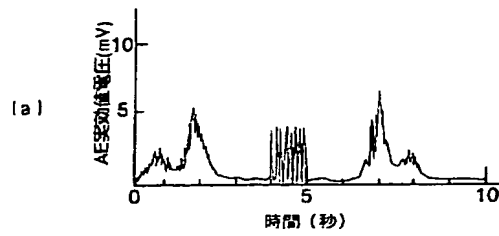


【図2】

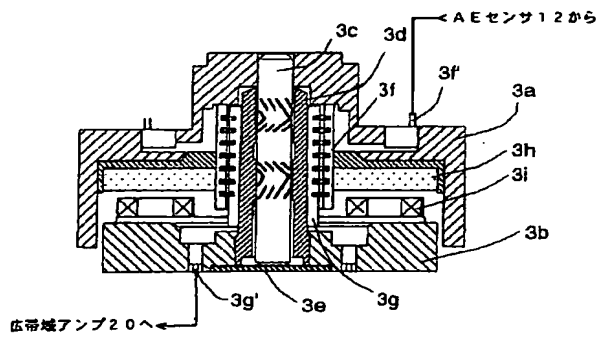


[(AE信号の実効値電圧(mV)-1.2(mV))²/相対速度(m/s)]

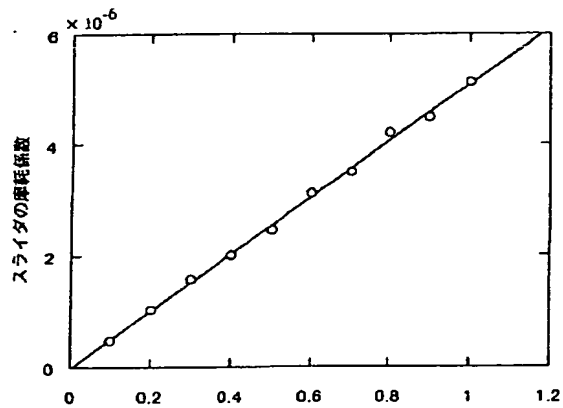
【図3】



【図5】

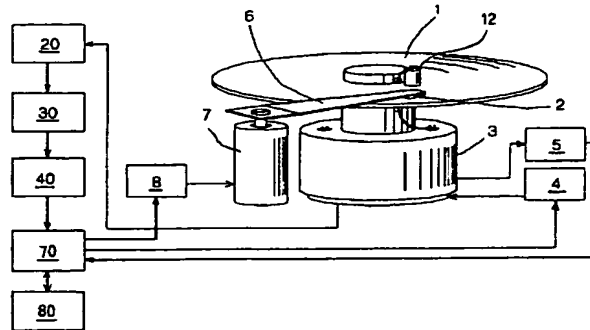


【図7】

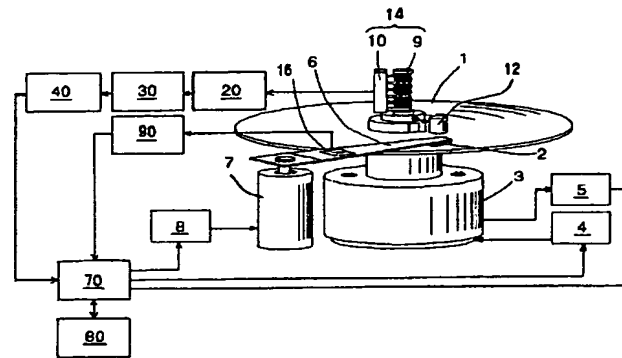


$((\text{AE信号の実効値電圧(mV)} - 1.2(\text{mV})) / ((\text{速度(m/s)} \times \text{垂直力(mN)})))$

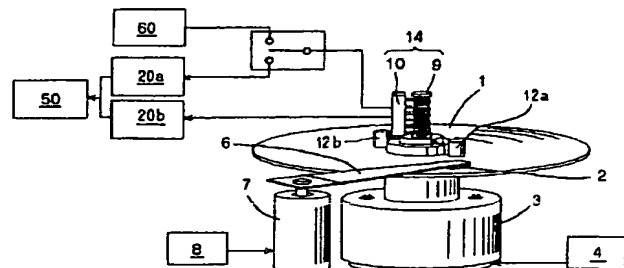
【図4】



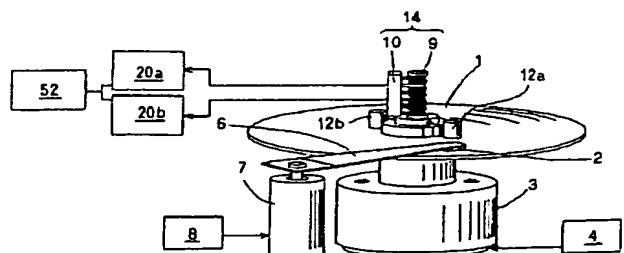
【図6】



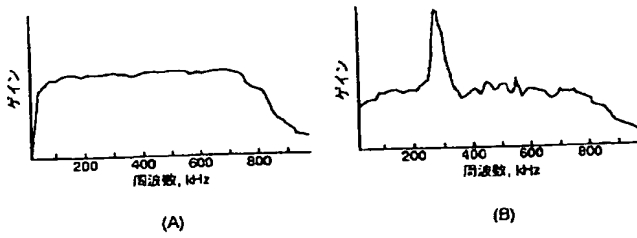
【図8】



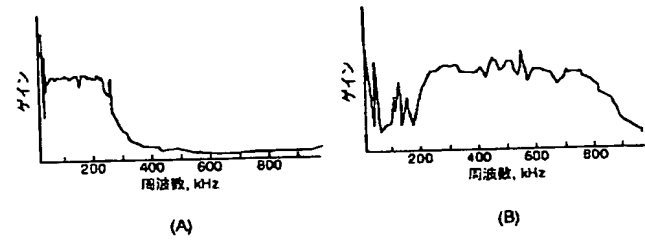
【図9】



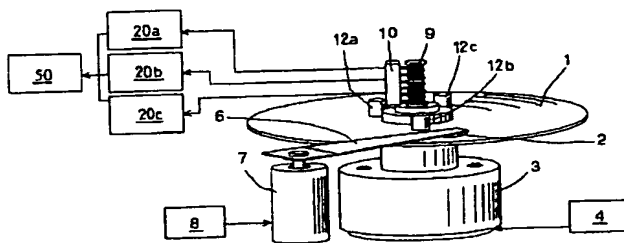
【図10】



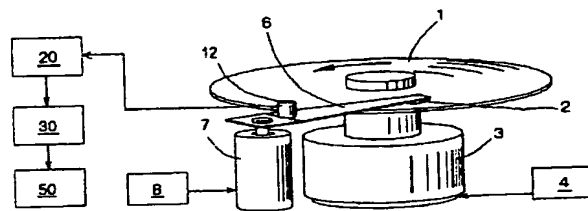
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 中北 勝
香川県高松市古新町8番地の1 松下寿電
子工業株式会社内

(72)発明者 松岡 薫
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内